

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-276646

(43)Date of publication of application : 25.09.2002

(51)Int.Cl. F16C 17/02
F16C 33/20
F16H 1/08
F16H 57/02

(21)Application number : 2001-075240

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 16.03.2001

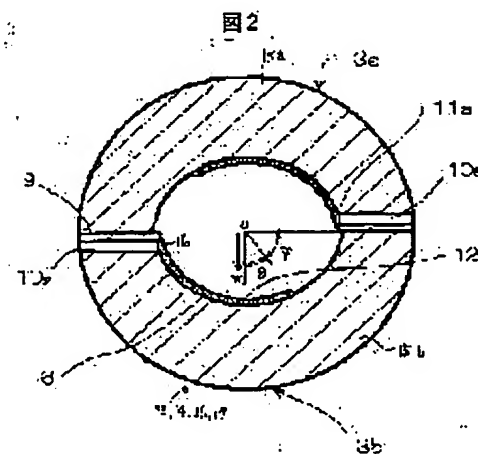
(72)Inventor : INOUE TOMOAKI
AIZAWA KOJI
NAKANO MASAOKI
KATAYAMA MASANORI

(54) RADIAL BEARING AND TRANSMISSION USING THE RADIAL BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent self-excited vibration in a radial bearing wherein a bearing load is changed from a low load to a high load.

SOLUTION: Radial bearings 13, 14, 16, 17 have two-divided upper half bearings 3a and lower half bearings 3b. Resinous material 8 such as PEEK is laid on inner peripheral surfaces of the upper half bearing and the lower half bearing. The upper half bearing and the lower half bearing has a portion that is not laid by an angle ϕ from two-divided surface 9.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(11)特許出願公開番号

特開2002-276646

(P2002-276646A)

(43)公開日 平成14年9月25日(2002.9.25)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード [*] (参考)
F 1 6 C 17/02		F 1 6 C 17/02	B 3 J 0 0 9
33/20		33/20	Z 3 J 0 1 1
F 1 6 H 1/08		F 1 6 H 1/08	3 J 0 6 3
57/02	3 0 1	57/02	3 0 1 B

審査請求 未請求 請求項の数13 OL (全 8 頁)

(21)出願番号 特願2001-75240(P2001-75240)

(22)出願日 平成13年3月16日(2001.3.16)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 井上 知昭

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(72)発明者 会沢 宏二

茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日

立製作所機械研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

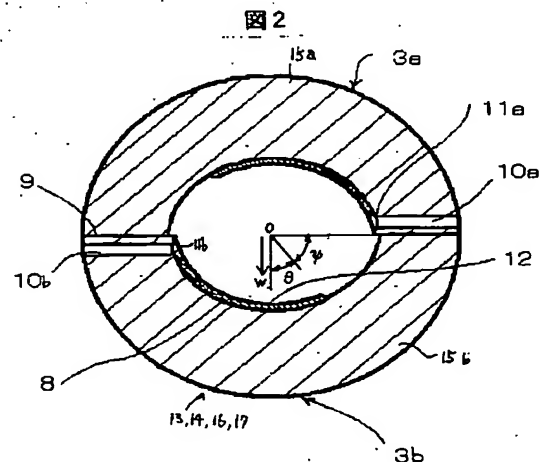
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 ラジアル軸受及びこれを用いた変速機

(57) 【要約】

【課題】低荷重から高荷重まで軸受負荷が変化するラジアル軸受において、自励振動を防止する。

【解決手段】ラジアル軸受 13、14、16、17 は 2 つ割れ形状の上半軸受 3 a と下半軸受 3 b とを有している。上半軸受と下半軸受の内周面には、PEEK 等の樹脂材料 8 がライニングされている。上半軸受と下半軸受は、2 つ割れ面 9 から角度 ψ だけライニング処理されていない部分を有している。



【特許請求の範囲】

【請求項1】回転軸を支承するラジアル軸受において、ほぼ楕円筒状の内周面に、軸方向に延びる樹脂潤滑部材を、軸受の中心軸に対称に少なくとも2箇所設けることにより、回転軸の回転速度の上昇に連れて軸受の剛性を増加させたことを特徴とするラジアル軸受。

【請求項2】前記潤滑部材はこの軸受の内周面において、楕円の長軸から測った角度 ψ で、 $\psi=60\sim70^\circ$ 分だけ設けられていないことを特徴とする請求項1に記載のラジアル軸受。

【請求項3】回転軸を支承する樹脂製のラジアル軸受において、ほぼ楕円筒状の内周面に、軸方向に延びる溝部をこの軸受の中心軸に対称に少なくとも2箇所形成することにより、回転軸の回転速度の上昇に連れて軸受の剛性を増加させたことを特徴とするラジアル軸受。

【請求項4】前記溝部以外の内周面表面に樹脂で形成された面を有することを特徴とする請求項3に記載のラジアル軸受。

【請求項5】前記溝部は、楕円の短軸から測った角度 θ_1 から θ_2 の範囲であることを特徴とする請求項4に記載のラジアル軸受。ここで、 $\theta_1=20\sim30^\circ$ であり、 θ_2 はほぼ 90° である。

【請求項6】回転軸を支承するラジアル軸受において、ほぼ楕円筒状に内周面を形成し、この楕円のほぼ長軸上で分割した2つ割れ構造とし、各2つ割れ軸受は楕円の短軸に関して非対称な段差を内周面に有し、少なくとも段差の上の部分は樹脂であることを特徴とするラジアル軸受。

【請求項7】前記段差の下部分は、2つ割れ端部から周方向に $60\sim70^\circ$ であることを特徴とする請求項6に記載のラジアル軸受。

【請求項8】前記樹脂は、ポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、4弗化エチレン樹脂およびポリイミド樹脂の少なくともいずれかであることを特徴とする請求項1から2、4から7のいずれか1項に記載のラジアル軸受。

【請求項9】前記樹脂潤滑部材が設けられた軸受内周面に、この軸受の軸方向両端部を除いて軸方向に延びる油溝を設けたことを特徴とする請求項1または2に記載のラジアル軸受。

【請求項10】前記溝部が形成されていない軸受内周面であって、楕円の長軸近傍にこの軸受の軸方向両端部を除いて軸方向に延びる油溝を設けたことを特徴とする請求項3ないし5のいずれか1項に記載のラジアル軸受。

【請求項11】前記段差の上の部分の軸受内周面であって、2つ割れ端部近傍にこの軸受の軸方向両端部を除いて軸方向に延びる油溝を設けたことを特徴とする請求項6または7に記載のラジアル軸受。

【請求項12】前記2つ割れ軸受の内周面形状が、回転軸の中心軸に対して軸対称となるように前記2つ割れ軸

受を組上げることとを特徴とする請求項6、7、11のいずれか1項に記載のラジアル軸受。

【請求項13】大歯車を有する大歯車軸と、この大歯車と噛み合う小歯車を有する小歯車軸と、これら大歯車軸及び小歯車軸を支承する複数の軸受とを備える変速機において、前記複数の軸受の少なくとも1つが請求項1ないし12のいずれかに記載のラジアル軸受であることを特徴とする変速機。

【発明の詳細な説明】

10 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は回転体を支承するラジアル軸受及びそれを用いた変速機に係り、特に荷重変動のある回転体を支承するのに好適なラジアル軸受及びそれを用いた変速機に関する。

【0002】

【従来の技術】回転体を支承するラジアル軸受の摺動材料としては、錫をベースにしたホワイトメタルが多用されてきた。しかしながら、最近低摩擦で高耐熱、高耐摩耗性のエンジニアリングプラスチックが摺動材として注目されており、特に大型の回転機の軸受摺動部材として熱可塑性のポリテトラフルオロエチレン(4弗化エチレン樹脂)やポリエーテルエーテルケトン(PEEK)、ポリイミドを中心とし、これにガラス繊維、炭素繊維、グラファイトや二硫化モリブデン等を添加し機械的強度、摺動特性及び耐摩耗性等の改善を図った高分子複合樹脂材料が採用され始めている。

【0003】このような樹脂材料を用いたラジアル軸受の例が、特開2000-249147号公報や特開2000-81031号公報に記載されている。つまり、特開2000-249147号公報では、ラジアル軸受が複数の軸受パッドを備え、軸受パッドを構成する強度部材の裏金と、樹脂系摺動部材との間に金属フィルタを介在させている。そして金属フィルタを固着した裏金を加熱し、樹脂系摺動部材の融点以上に昇温後、金属フィルタ一状に樹脂系摺動部材を積層している。

【0004】また、特開2000-81031号公報には、軸と軸受のクリアランスを極端に小さくすることもなく、簡単な構造で軸と軸受の振動による機械的ノイズを低減し、耐久性を増すために、樹脂製スリーブ軸受の内面に溝部を設けている。そして、組み立て時に塗布したグリースをこの溝部に溜めることにより、長時間にわたりグリースをクリアランス部に供給可能にし、騒音の低減と耐久性の向上を図ることが記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記特開2000-249147号公報に記載のものは、樹脂系摺動材と裏金の密着性が向上して、摺動面の損傷や樹脂摺動材の剥離を防止できるという長所を有するものの、ラジアル軸受構造がティルティングパッド形軸受構造であるので、振動特性には優れているが、耐荷重能力の面で

さらに改善が求められている。つまり、変速機のように大荷重が作用しても、安定して回転体をラジアル軸受が支承できることが望まれている。

【0006】また、特開2000-81031号公報に記載のラジアル軸受は、グリース潤滑軸受であり、長期にわたって使用可能な油潤滑軸受とは異なり、軽荷重を支承するものである。そのため、溝は形成されているもののこの溝はグリース保持のためのものであり、回転体の振動特性の改善にはほとんど寄与しないものである。さらに、この公報に記載のものでは、ラジアル軸受が大荷重を支承することについては、考慮されていない。

【0007】本発明は上記従来の技術に鑑みなされたものであり、軽荷重下でも回転体を安定に支承し、高荷重下でも軸受の焼損を防止できるラジアル軸受及びそれを用いた変速機を実現することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための本発明の第1の特徴は、回転軸を支承するラジアル軸受において、ほぼ楕円筒状の内周面に、軸方向に延びる樹脂潤滑部材を、軸受の中心軸に軸対称に少なくとも2箇所設けることにより、回転軸の回転速度の上昇に連れて軸受の剛性を増加させるものである。

【0009】上記目的を達成するための本発明の第2の特徴は、回転軸を支承する樹脂製のラジアル軸受において、ほぼ楕円筒状の内周面に、軸方向に延びる溝部をこの軸受の中心軸に対称に少なくとも2箇所形成することにより、回転軸の回転速度の上昇に連れて軸受の剛性を増加させるものである。

【0010】上記目的を達成するための本発明の第3の特徴は、回転軸を支承するラジアル軸受において、ほぼ楕円筒状に内周面を形成し、この楕円のほぼ長軸上で分割した2つ割れ構造とし、各2つ割れ軸受は楕円の短軸に関して非対称な段差を内周面に有し、少なくとも段差の上の部分は樹脂としたものである。

【0011】そしてこれらの特徴において、潤滑部材や溝部以外の部分、段差の上の部分はこの軸受の内周面において、楕円の短軸から測った角度 θ_1 から θ_2 の範囲にあり、 $\theta_1 = 20 \sim 30^\circ$ であり、 θ_2 はほぼ 90° とすることが望ましい。また、溝部や段差の下部分は、楕円の長軸を始点とし、この長軸から測った角度 ψ で、 $\psi = 60 \sim 70^\circ$ 分のところまでであることが望ましい。

【0012】そして望ましくは、樹脂で形成される潤滑部材や溝部以外の部分、段差の上の部分は、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、4弗化エチレン樹脂およびポリイミド樹脂の少なくともいずれかであることが好ましい。さらに、樹脂部分であって楕円の長軸に近い部分には、軸受の軸方向両端部を除いて軸方向に延びる油溝を設ければさらによい。また、2つ割れ軸受の場合に、内周面形状が回転軸の中心軸に対して軸対称となる

ように2つ割れ軸受部材を組上げるのが望ましい。

【0013】上記目的を達成するための本発明の第4の特徴は、大歯車を有する大歯車軸と、この大歯車と噛み合う小歯車を有する小歯車軸と、これら大歯車軸及び小歯車軸を支承する複数の軸受とを備える変速機において、複数の軸受の少なくとも1つを上記各特徴を有するラジアル軸受としたものである。

【0014】

【発明の実施の形態】これまで、減速機等の荷重変動が極端な回転体を支持するラジアル軸受として、自励振動を防止する目的から楕円軸受を用いるのが一般的である。しかしながらこれらの回転体においては、アライメントのセッティング不良や経時変化により軸受荷重が設計値から外れて軸系の安定性が損なわれ、オイルホイップやオイルホワールなどの振動が発生することがあった。オイルホイップは軸受荷重が減少して、軸の偏心量が低下することに起因する。

【0015】つまり、軸受の平均面圧が低くまた軸の偏心量が小さいと、軸受の油膜剛性が低下するだけでなく、油膜剛性における連成項が支配的となり、これが不安定性増大の原因となる。自励振動を防止する一般的な方法は、連成項を無視できるほど小さくできるティルティングパッド軸受を用いることである。しかし、ティルティングパッド軸受は耐荷重性が低い。

【0016】そこで、耐荷重性を向上させる方法が種々提案されているが、これらの方法ではいずれも通常の荷重時には安定性に優れているが、軸受荷重が極端に低下したときに自励振動を起こす場合がある。特に変速機では、定格回転までは軸重量のみの軽荷重が軸受に作用し、定格回転に達すると荷重方向が変化する。また、定格負荷時には高荷重となるなど、軸受の荷重条件が種々変化する。低負荷時の安定を図るために、負荷面に油溝を設けて耐荷重性を低下させることも提案されているが、定格負荷状態のように軸受荷重が増加したときに、油膜の厚さが低下し軸受の焼損を招くおそれがある。

【0017】そこで本発明においては、軽荷重下における油膜圧力の発生範囲を制限し、偏心率が低下するのを防止する。以下この具体例を、図面を用いて説明する。図1は本発明に係るガスタービン駆動発電プラントに用いられる減速機の一実施例であり、その縦断面図である。

【0018】入力軸であるピニオン軸1の中央に、一対のはず歯小歯車2が取り付けられている。そして、ピニオン軸1の両端部は、すべり軸受13、14で支持されている。また、出力軸であるギア軸4の中央に、はず歯小歯車2、2に対向し噛み合うはず歯大歯車5、5が取り付けられている。ギア軸4の両端部もすべり軸受16、17で支持されている。ラジアルすべり軸受13、14、16、17は、ケーシング7に保持されている。

【0019】図2に、ピニオン軸1やギア軸4を支承す

るラジアルすべり軸受の一例の横断面図を示す。ラジアルすべり軸受は、円筒状の金属製の軸受素材を2つ割れ状にした上半軸受3aと下半軸受3bとを備えている。これらの上半軸受3aと下半軸受3bは、図示しないボルトで2つ割れ端部9において締結される。上半軸受3aと下半軸受3bをボルト締結したときに軸受素材15a、15bが形成する内周面形状は、2つ割れ端部9方向が長軸で、それに直角方向が短軸となる楕円形状となっている。なお、楕円の離心率はその軸受の負荷条件等によって定まるが、本発明では離心率0の場合をも楕円と呼ぶ。

【0020】この楕円形状の軸受素材15a、15bの内周面には、周方向に所定角度だけ、樹脂材料8が貼付またはライニング加工されている。この樹脂材料8としては、ポリエーテルエーテルケトン樹脂(PEEK)、4弗化エチレン樹脂(PTFE)やポリイミド樹脂が、耐熱性及び摺動特性の観点から望ましい。特に、PEEK樹脂は従来多用されているホワイトメタルに比べて耐熱温度が100℃程度高いので、変速機のような高面圧となる回転体に適している。

【0021】このように構成したラジアル軸受13、14、16、17を図1に示した変速機に使用すると、各ラジアル軸受には起動から定格回転速度に達するまで荷重Wが垂直方向、すなわち楕円の短軸方向に作用する。そこで、下半軸受3bの一方の2つ割れ端部9の僅かに下方に、下半軸受素材15bの外径から内径まで貫通する給油孔10bを形成している。給油孔10bの内周側端部には、図3に詳細を示すように、軸受の軸方向両端部を除いて軸方向に延びる給油溝11bが形成されている。この給油溝11bは軸受摺動面12に潤滑油を均一に供給するために設けられている。

【0022】上半軸受3aにも、一方の2つ割れ面9の僅かに上方に給油溝10aが形成されている。さらに、この給油溝10aに連通する給油孔11aも形成されている。そして、これら上半軸受3aと下半軸受3bとは、図3に示すように、摺動部材8の位置が互いに180°変わるように組み合わせられる。

【0023】図3に、2つ割れ状のラジアル軸受について、上半軸受3aと下半軸受3bそれぞれを鳥瞰図で示す。上半軸受3aと下半軸受3bのそれぞれには、上述したように内周面に摺動部材8がライニングされている。この摺動部材8の径方向厚さは、直径100～200mm程度の回転軸を支承する軸受の場合には、4mm程度である。そして、後述する理由により、周方向ψだけ摺動部材8が処理されていない。すなわち、上半軸受3aと下半軸受3bは内周面で段差があり、段差の上の部分には摺動部材8が施されており、段差の下部分では軸受素材15a、15bがむき出しになっている。

【0024】摺動部材8の施されている角度は、($\theta + 90^\circ$)であり、 θ は20～30°が本発明者らの実験

的研究から望ましいことが分かった。これより、 ψ は60～70°が望ましいことが分かる。この摺動部材8が処理されている側から処理されていない側へ回転軸が回転するようにする。回転軸が水平に置かれる横軸装置では、楕円の長軸が水平方向になるように、すなわち2つ割れ面9がほぼ水平になるように上半軸受3aと下半軸受3bを配置する。

【0025】このように構成したラジアル軸受の作用について、以下に説明する。図4は変速機が減速機の場合に、軸受に作用する負荷の状態を示す図である。この図4では、ギア軸がダウンロード、ピニオン軸がアップロードとなっている。ギア軸及びピニオン軸を支承するラジアル軸受には、起動から定格回転速度まではそれぞれの軸重量が垂直下方に負荷される。このときの軸受荷重は、荷重を軸受直径と幅の積で割った平均面圧で0.1MPa程度である。

【0026】定格回転速度に達し発電機が出力し始めると、ピニオン軸を支承するラジアル軸受の荷重方向は垂直下方から、回転方向に160°程度進んだ位置である斜め上方に変化する。このときの荷重の大きさは、平均面圧で3MPa以上と極端に大きくなる。一方ギア軸を支承するラジアル軸受の荷重方向は、ピニオン軸を支承するラジアル軸受とは逆方向であるから、定格負荷時には垂直下方より回転方向に約20°手前の位置になる。

【0027】図5に従来のラジアル軸受を減速機に用いたときの軸受特性を、図6に本発明に係るラジアル軸受を減速機に用いたときの軸受特性をそれぞれ示す。これらの図では、軸受の摺動面に発生する動圧の分布を示している。破線は起動から定格回転速度に達するまでの無負荷運転時の結果であり、平均面圧が0.1MPa程度の場合である。実線は定格回転速度に達した後に定格負荷が作用する負荷運転時の結果であり、平均面圧が3.0MPa以上の場合である。ラジアル軸受では、回転軸と軸受間の油膜が回転方向に狭くなるくさび形状位置で動圧が発生する。そして、荷重が小さいときには、動圧値は低く、広範囲に動圧が発生する。これに対し、荷重が大きくなると動圧の発生範囲は狭くなる。通常的面圧では、圧力の発生範囲は2つ割れ面9を始点としてこの2つ割れ面9から測って回転方向に約($90^\circ + 30^\circ$)が終点になる。一方、軽荷重の場合は、終点は2つ割れ面9から回転方向に約($90^\circ + 50 \sim 70^\circ$)となる。

【0028】摺動部面積を減少させた本実施例に記載の軸受を用いた図6においては、定格運転速度に達した後の通常の荷重や高荷重が作用するとき(実線)には、図5で示した従来の円筒軸受と同様な圧力分布を示す。この結果、自励振動に対する安定性が確保される。一方、ラジアル軸受に作用する荷重が軽荷重の場合には、破線で示した圧力分布となる。このとき、軸受摺動材料12がライニングされていない部分では圧力を発生しないの

10

20

30

40

50

で、実線で示した通常の負荷時の圧力分布パターンに似てくる。これにより、回転軸の偏心率の低下を防止できる。

【0029】従来の円筒軸受では、軽負荷時に圧力が広範囲に発生するので自励振動を発生する恐れがあったが、本実施例による軸受では軽荷重下であっても自励振動に対する安定性が損なわれない。なお、本実施例では楕円軸受を採用しているので、上半軸受3aでも圧力が発生する。これにより、自励振動に対する安定性は真円軸受に比べ更に増加する。

【0030】図7に、回転軸の軸心の軌跡を示す。軸心位置は軸受に作用する荷重により異なる。本発明に係る軸受を○印で、従来の軸受を△印で示す。オイルホップ等の自励振動は、回転軸の軸受中心からの偏心量を半径すきまで除した値である偏心率が0.8以上であれば通常発生しない。そこで、軸系の安定化を図るために、偏心率を大きくする。楕円軸受を用いると、上半軸受3aも動圧を発生して、回転軸を下方に押さえつけるので偏心率を大きくすることができる。また、下半軸受3bに油溝を設けて耐荷重性を低下させ、偏心率を増加させることも考えられる。

【0031】しかしながら、これらの方法を用いて偏心率を増加させるのにも限界がある。例えば回転軸を押し付ける方法では、荷重が極端に低下すると油膜は圧力をほとんど発生しないので回転軸は浮上したままとなり、偏心率が低下する。また、負荷面に溝を設ける方法では、受荷重が過大になると偏心率が増加し過ぎて油膜厚さが低下し、油膜の破断による軸受の焼損を招く場合がある。したがって、軸受面積を縮小する本発明に係るラジアル軸受が偏心率を増大させるのに有効である。

【0032】図8に、本発明に係るラジアル軸受の他の実施例の縦断面図を示す。本実施例が上記実施例と異なるのは、2つ割れ面での軸受素材15c、15dの接続位置が楕円の長軸方向にオフセットされていることにある。回転軸の荷重を支持するラジアル軸受13a、14a、16a、17aは2つ割れ形状の上半軸受3cと下半軸受3dを有している。これらは、図示しないボルトで締結される。上半軸受3cと下半軸受3dの内周面には部分的にPEEK等の樹脂材料8がライニングされている。上半軸受3c及び下半軸受3dは2つ割れ断面9位置で水平方向にオフセットしている。このオフセットの方向は、一般に使用されるオフセット軸受と反対方向である。

【0033】図9(b)に、このオフセット軸受の油膜圧力分布を示す。比較のために上記実施例の軸受の油膜圧力分布を同図(a)に示す。本実施例においては上半軸

受3cと下半軸受3dとを水平方向にオフセットしたので、上半軸受3cのくさび膜形状範囲が広がり、発生圧力が大になる。その結果、上述実施例の場合よりも上半軸受3cで発生する動圧が大きくなる。

【0034】図10に、ラジアル軸受の剛性(ばね定数)と減衰係数の回転速度に対する変化を示す。同図で実線(A)で示したのが、本発明によるラジアル軸受の場合であり、破線(B)で示したのが従来用いられている円筒軸受の場合である。実線(A)で示した本発明によれば、水平方向のばね定数は従来の円筒軸受の場合と大差がない。しかも回転速度の上昇に伴ってばね定数は増加する。一方、減衰係数は大幅に向上している。したがって、自励振動に対する安定性ととも、アンバランス振動に対する制振効果も得られる。

【0035】

【発明の効果】以上述べたように、本発明によれば、摺動材が樹脂であるラジアル楕円軸受において軸受摺動部を部分的に形成したので、低負荷時から高負荷時まで安定して回転体を支持できるラジアル軸受が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る変速機の一実施例の縦断面図である。

【図2】図1に示した変速機に用いられるラジアル軸受の横断面図である。

【図3】図2に示したラジアル軸受の展開斜視図である。

【図4】軸受の圧力分布を説明する図である。

【図5】回転軸の軸心位置と安定性を説明する図である。

【図6】本発明に係るラジアル軸受の圧力分布を説明する図である。

【図7】本発明に係るラジアル軸受の軸受ばね定数を説明する図である。

【図8】図1に示した変速機に用いられる軸受の他の実施例の縦断面図である。

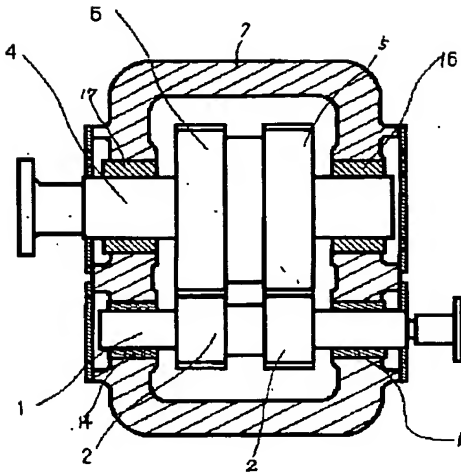
【図9】本発明に係るラジアル軸受の圧力分布を説明する図である。

【図10】軸受の性能を説明する図である。

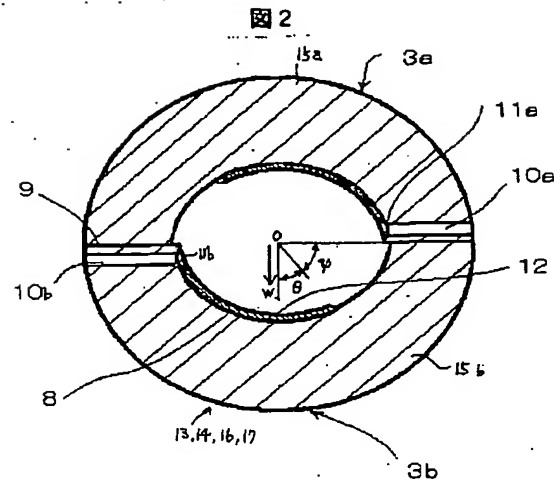
【符号の説明】

1…ピニオン軸、2…ピニオン軸のはず歯歯車、3a、3c…上半軸受、3b、3d…下半軸受、4…ギア軸、5…ギア軸のはず歯歯車、7…ケーシング、8…軸受摺動材、9…2つ割れ面、10a、10b…給油孔、11a、11b…給油溝、12…軸受摺動面、13、13a、14、14a…ピニオン軸受、15a～15d…軸受素材、16、16a、17、17a…ギア軸受。

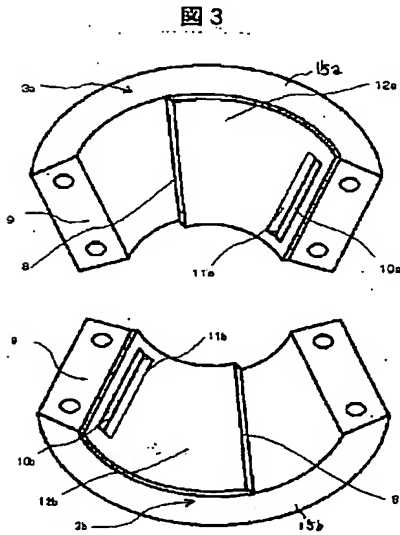
【図1】



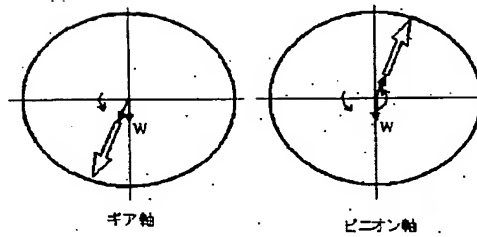
【図2】



【図3】

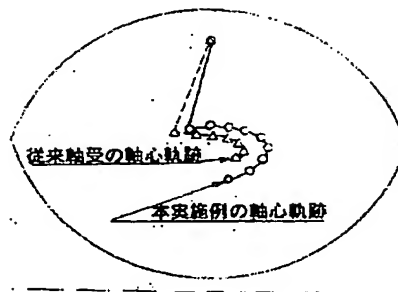


【図4】

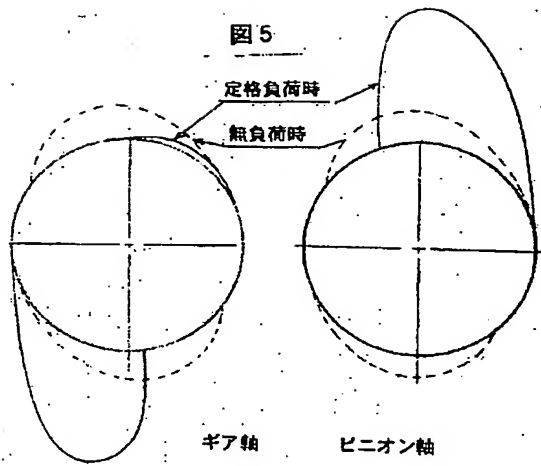


【図7】

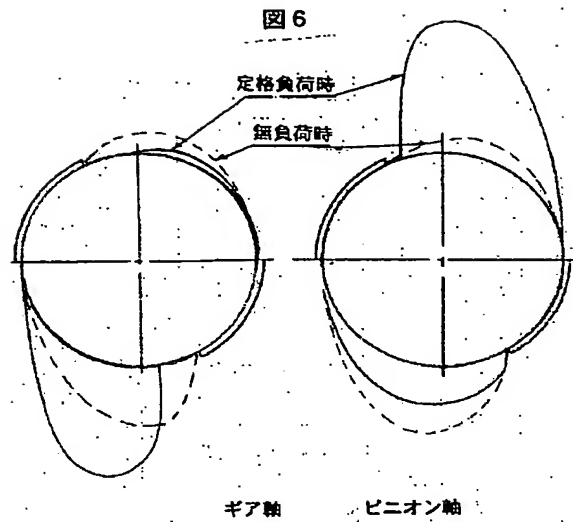
図7



【図5】

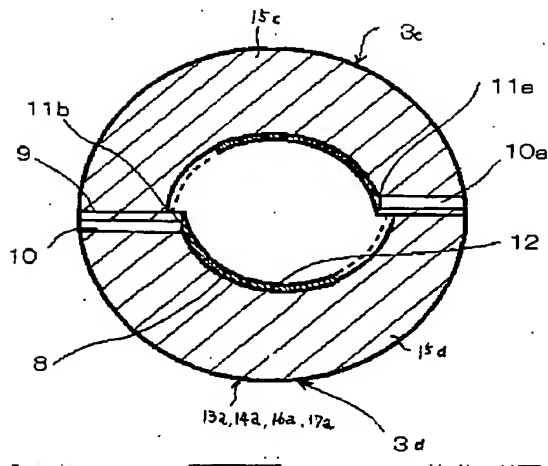


【図6】



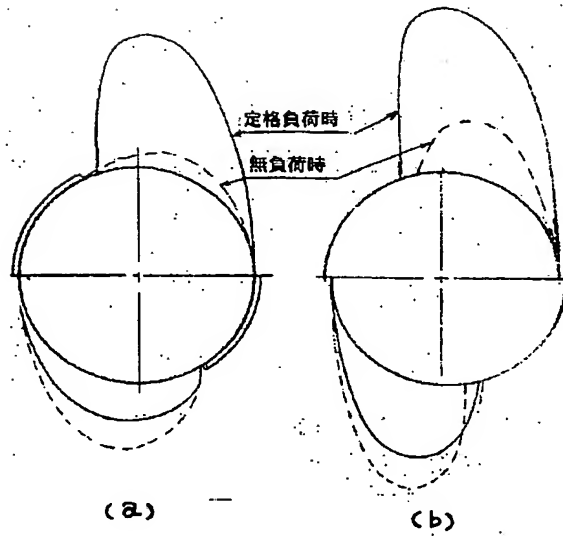
【図8】

図8



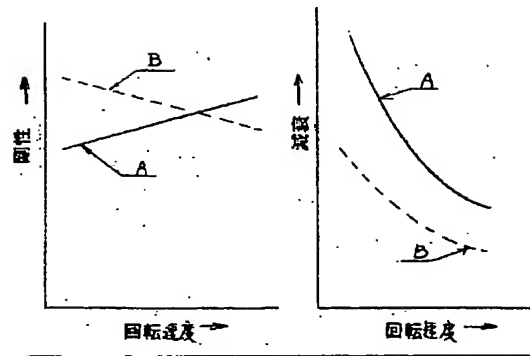
【図9】

図9



【図10】

図10



フロントページの続き

(72)発明者 仲野 正昭
 茨城県土浦市神立町502番地 株式会社日
 立製作所機械研究所内
 (72)発明者 片山 正典
 茨城県土浦市神立町603番地 株式会社日
 立製作所産業機械システム事業部内

F ターム(参考) 3J009 EA05 EA12 EA21 EA32 EA42
 EB22 FA30
 3J011 AA01 BA13 CA01 CA04 KA02
 MA05 SC01 SC05 SC14
 3J063 AA40 AB02 AC01 BA04 BB23
 CA01 CB13 CD04